SNI 7119-3:2017

SNI
Standar Nasional Indonesia

Udara ambien – Bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode gravimetri

ICS 13.040.20

Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7119-3:2017 dengan judul *Udara ambien – Bagian 3 : Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan High Volume Air Sampler (HVAS) dengan metode gravimetri*, merupakan revisi dari SNI 19-7119.3-2005.

Standar ini dirumuskan dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas udara ambien. SNI ini dapat diterapkan untuk teknik pengujian partikel tersuspensi total sebagaimana tercantum dalam peraturan kualitas udara ambien.

Standar ini disusun oleh Komite Teknis 13-03 *Kualitas Lingkungan*. Standar ini telah dibahas dan disetujui dalam rapat konsensus nasional di Jakarta, pada tanggal 18 Oktober 2016. Konsensus ini dihadiri oleh para pemangku kepentingan (stakeholder) terkait, yaitu: perwakilan dari produsen, konsumen, pakar, dan pemerintah.

Standar ini telah melalui tahap jajak pendapat pada tanggal 30 Januari 2017 sampai dengan 30 Maret 2017, dengan hasil akhir disetujui menjadi SNI.

Perlu diperhatikan bahwa kemungkinan beberapa unsur dari dokumen standar ini dapat berupa hak paten. Badan Standardisasi Nasional tidak bertanggung jawab untuk pengidentifikasian salah satu atau seluruh hak paten yang ada.

Udara ambien – Bagian 3: Cara uji partikel tersuspensi total menggunakan peralatan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode gravimetri

1 Ruang lingkup

Standar ini digunakan untuk penentuan partikel tersuspensi total dalam udara ambien menggunakan alat *High Volume Air Sampler*, dengan nilai rata-rata laju alir 1,1 m^3/menit sampai dengan 1,7 m^3/menit selama 24 jam. Jumlah minimum partikel yang dapat ditentukan dengan metode ini sebesar 3 mg (pada tingkat kepercayaan 95 %).

2 Acuan normatif

SNI 19-7119.6*, Udara ambien – Bagian 6: Penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien*

3 Istilah dan definisi

Untuk keperluan penggunaan Standar ini, berlaku istilah dan definisi berikut.

3.1
udara ambien
udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya

3.2
filter
filter atau media filter dengan efisiensi pengumpulan untuk partikel kecil (ukuran submikrometer) sehingga semua partikel target dapat terkumpul

3.3
***High Volume Air Sampler* (HVAS)**
peralatan yang digunakan untuk pengumpulan kandungan partikel melalui filtrasi sejumlah besar volume udara di atmosfer dengan memakai pompa vakum kapasitas tinggi, yang dilengkapi dengan filter, alat ukur dan kontrol laju alir

3.4
μg/Nm^3
satuan ini dibaca sebagai mikrogram per normal meter kubik, notasi N menunjukan satuan volume hisap udara dikoreksi pada kondisi normal (25 °C, 760 mmHg)

4 Cara uji

4.1 Prinsip

Udara ambien dihisap menggunakan pompa vakum dan dilewatkan pada filter dengan ukuran 20,3 cm x 25,4 cm (8 in x 10 in) dan efisiensi penyaringan minimum 98,5 % setara dengan porositas 0,3 μm pada kecepatan aliran 1,1 m^3/menit sampai dengan 1,7 m^3/menit selama 24 jam ± 1 jam. Jumlah partikel yang terakumulasi dalam filter dianalisis secara gravimetri dan dilaporkan dengan satuan μg/Nm^3.

4.2 Bahan

4.2.1 Filter

Secara umum pemilihan filter bergantung terhadap kondisi lingkungan pengambilan contoh uji. Hal yang penting untuk diperhatikan adalah penentuan seleksi dan pemakaian karakteristik filter. Adapun beberapa macam filter yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a) filter serat kaca (*fiber glass*);
b) filter serat kuarsa;
c) filter politetrafluoroetilena (PTFE) yang dilapisi serat kaca (*fiber glass*); dan
d) filter membran PTFE.

CATATAN Gunakan filter PTFE untuk contoh uji dengan partikel yang mengandung banyak bahan organik.

4.2.2 Wadah penyimpan filter (*filter jacket*)

Wadah penyimpan filter pada umumnya terbuat dari kertas. Hindari penggunaan wadah plastik karena pengaruh elektrostatis dapat menarik partikel contoh uji dan menempel di wadah.

4.3 Peralatan

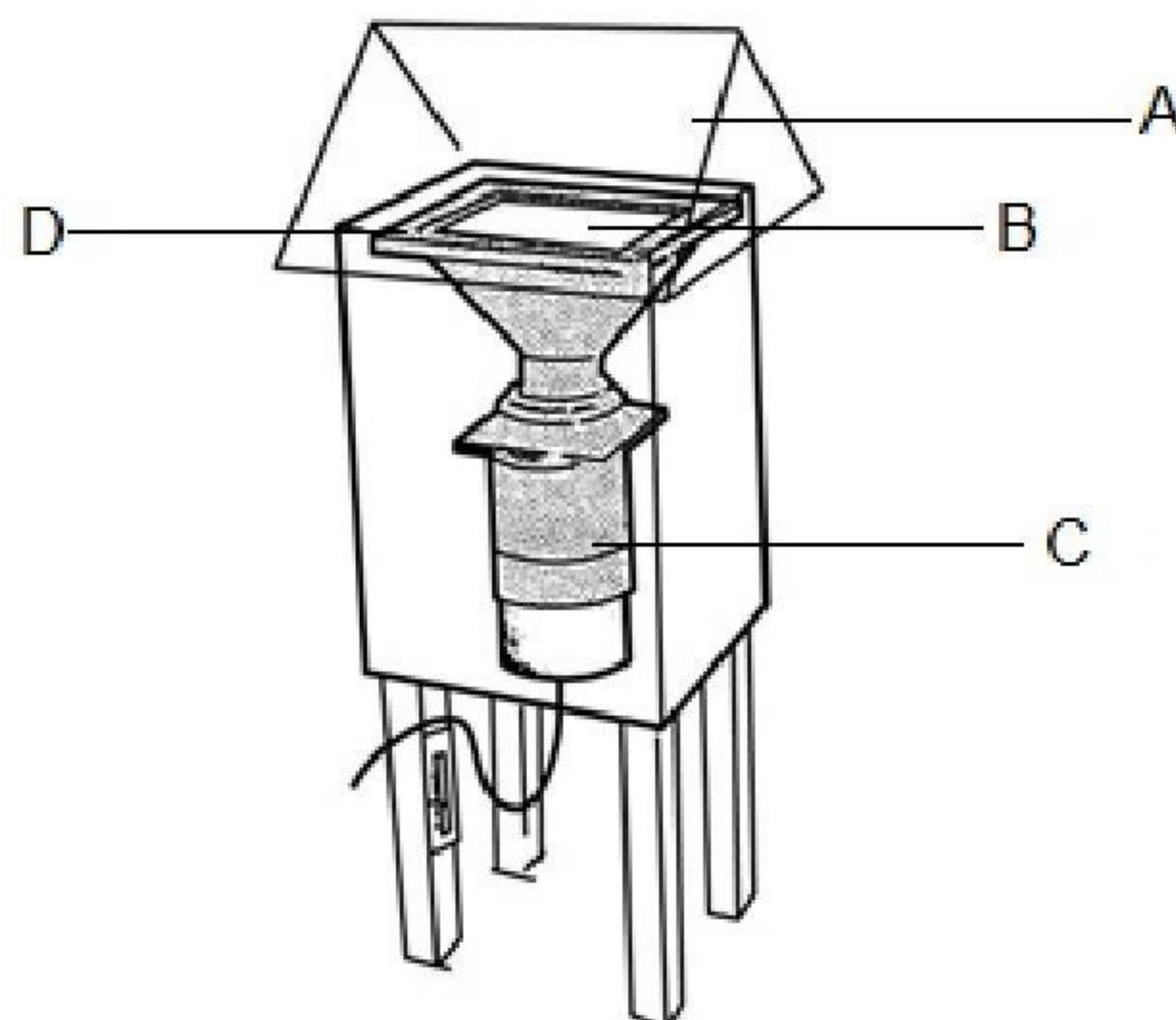
Bahan yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

a) peralatan HVAS seperti pada Gambar 1;
b) timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg;
c) barometer yang mampu mengukur hingga 0,1 kPa (1 mmHg);
d) manometer diferensial yang mampu mengukur hingga 4 kPa (40 mmHg);
e) pencatat waktu terkalibrasi yang mampu membaca selama 24 jam;
f) pencatat laju alir dengan ketelitian 0,03 m^3/menit (1,0 ft^3/menit);
g) termometer; dan
h) desikator.

4.4 Persiapan filter

a) Beri identitas (nomor contoh uji) pada filter;
b) simpan filter pada ruangan yang sudah dikondisikan dengan temperatur 15 °C sampai dengan 35 °C dan kelembaban relatif ≤ 50 % serta biarkan selama 24 jam;
c) timbang lembaran filter dengan timbangan analitik (W_1);

   CATATAN Bila digunakan desikator, maka penimbangan filter dilakukan hingga didapatkan berat konstan, yaitu selisih penimbangan terakhir dan sebelumnya 4 % atau 0,5 mg.

d) simpan filter ke dalam wadah penyimpan filter dengan lembaran antara (*glassine*) kemudian bungkus dengan plastik selama tranportasi ke lapangan.

Keterangan gambar:

A adalah *shelter;*
B adalah media filter;
C adalah pompa vakum;
D adalah penyangga media filter.

Gambar 1 – Contoh alat *High Volume Air Sampler* (HVAS)

4.5 Pengambilan contoh uji

Pengambilan contoh uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

a) tempatkan alat uji di posisi dan lokasi pengukuran menurut metode penentuan lokasi pengambilan contoh uji pemantauan kualitas udara ambien sesuai SNI 19-7119.6;
b) tempatkan filter pada filter *holder*;
c) hubungkan alat HVAS dengan sumber catu daya. Hidupkan alat pengambil contoh uji selama 24 jam ± 1 jam, pantau dan catat laju alir udara serta temperatur setiap jam, pastikan laju alir udara berada pada rentang 1,1 m^3/menit sampai dengan 1,7 m^3/menit. Catat lokasi, tanggal, waktu, dan tekanan barometer.

CATATAN 1 Bila filter sudah penuh dengan partikel, ditandai dengan turunnya laju alir < 1,1 m^3/menit, ganti filter segera dan pengambilan contoh uji dilanjutkan.

CATATAN 2 Aerosol cair, seperti minyak dan partikel sisa pembakaran yang tertinggal di filter dapat menyebabkan filter yang digunakan menjadi basah dan rusak serta filtrasi tidak terjadi dengan baik. Jika hal tersebut terjadi, segera ganti filter, filter lama tetap diperlakukan sebagai contoh uji.

CATATAN 3 Kemungkinan terjadinya kegagalan voltase atau padamnya listrik pada saat pengambilan contoh uji akan menyebabkan kesalahan, maka pencatatan laju alir dilakukan secara berkala.

CATATAN 4 Segera hentikan pengambilan contoh uji apabila kondisi cuaca hujan.

d) matikan alat HVAS, pindahkan filter secara hati-hati, jaga agar tidak ada partikel yang terlepas. Lipat filter dengan posisi contoh uji berada di bagian dalam lipatan. Simpan filter tersebut ke dalam wadah penyimpan filter dan beri identitas.

CATATAN 1 Benda selain partikel seperti serangga yang tertangkap dalam filter akan menambah berat. Pisahkan dengan menggunakan pinset.

CATATAN 2 Bila contoh uji akan dianalisis kandungan logam, maka filter langsung dimasukkan ke dalam wadah penyimpan filter dan tidak boleh dilipat.

4.6 Penimbangan contoh uji

a) Simpan filter pada ruangan yang sudah dikondisikan dengan temperatur 15 °C sampai dengan 35 °C dan kelembaban relatif ≤ 50 % serta biarkan selama 24 jam;
b) timbang filter dan catat massanya (W_2).

CATATAN Bila digunakan desikator, maka penimbangan filter dilakukan hingga didapatkan berat konstan, yaitu selisih penimbangan terakhir dan sebelumnya 4 % atau 0,5 mg.

4.7 Perhitungan

4.7.1 Koreksi laju alir pada kondisi standar

$$Q_s = Q_0 \text{ x } \left[\frac{T_s \text{ x } P_0}{T_0 \text{ x } P_s}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Keterangan:

Q_s adalah laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar (Nm^3/menit);
Q_0 adalah laju alir volume uji (m^3/menit);
T_s adalah temperatur standar, 298 K;
T_0 adalah temperatur rata-rata aktual (273 + T_{ukur}) dimana Q_0 ditentukan;
P_s adalah tekanan barometrik standar, 101,3 kPa (760 mmHg);
P_0 adalah tekanan barometrik rata-rata aktual dimana Q_0 ditentukan.

CATATAN Jika menggunakan manometer, Q_0 didapatkan dengan melakukan konversi tekanan menjadi laju alir menggunakan kurva korelasi yang di dapat saat kalibrasi *orifice* sesuai Lampiran B.

4.7.2 Volume contoh uji udara

$$V_{std} = \frac{\sum_{s=1}^{n} Q_s}{n} \text{ x } t \quad (2)$$

Keterangan:

V_{std} adalah volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm^3);
Q_s adalah laju alir volume dikoreksi pada kondisi standar ke – s (Nm^3/menit);
n adalah jumlah pencatatan laju alir;
t adalah durasi pengambilan contoh uji (menit).

CATATAN Jika menggunakan alat pengukur volume otomatis, catat volume dan konversikan ke volume pada keadaan standar.

4.7.3 Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam udara ambien

Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam contoh uji dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^6}{V_{std}} \quad (3)$$

Keterangan:

C adalah konsentrasi massa partikel tersuspensi (μg/Nm^3);
W_1 adalah berat filter awal (g);
W_2 adalah berat filter akhir (g);
V_{std} adalah volume contoh uji udara dalam keadaan standar (Nm^3);
10^6 adalah konversi gram (g) ke mikrogram (μg).

5 Pengendalian mutu

a) Gunakan filter sesuai persyaratan.
b) Gunakan manometer atau pencatat laju alir, pencatat waktu, termometer, barometer, dan neraca analitik yang terkalibrasi.
c) Bila menggunakan genset sebagai sumber catu daya, posisi genset ditempatkan minimum 20 m dengan posisi *down wind*.
d) Pastikan HVAS yang digunakan laik pakai.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat minimal hal-hal sebagai berikut pada lembar kerja:

1) Parameter yang diukur.
2) Nama petugas pengambil contoh uji.
3) Tanggal pengambilan contoh uji.
4) Nomor contoh uji.
5) Lokasi pengambilan contoh uji.
6) Data pengambilan contoh uji seperti, kondisi meteorologi, waktu pengambilan contoh uji, volume contoh uji
7) Konsentrasi partikel tersuspensi total dalam contoh uji.

Lampiran B
(normatif)
Prosedur kalibrasi *orifice*

B.1 Catat pada lembar kerja sertifikasi *orifice transfer standard* nomor seri volume meter standar; jenis *orifice transfer standard*, model, dan nomor seri; orang yang melakukan kalibrasi; dan tanggal. (lihat Tabel B.1)

Tabel B.1 – Contoh lembar kalibrasi *orifice transfer standard*

Tanggal:		**Nomor seri *Roots Meter*:**		**T_a:**		**K**
Operator:		**Nomor seri *Orifice*:**		**P_a:**		**mmHg**
Plat atau Voltase variable	Volume awal	Volume akhir	ΔVol.	Δt (menit)	ΔHg (mm)	ΔH_2O (mm)

DATA TABULATION

V_{std}	(sumbu x) Q_{std}	(sumbu y) $[\Delta H_2O\ (P_a/T_a)]^{1/2}$	V_a	(sumbu x) Q_a	ΔH_2O $[\Delta H_2O\ (P_a/T_a)]^{1/2}$
	m=			m=	
	b=			b=	
	r=			r=	

CALCULATIONS

$V_{std} = \Delta Vol \cdot [(P_a - \Delta Hg)/760] \cdot (298/T_a)$

$Q_{std} = V_{std}/\Delta t$

$y = mx + b$

$V_a = \Delta Vol \cdot [(P_a - \Delta Hg)/P_a]$

$Q_a = V_a/\Delta t$

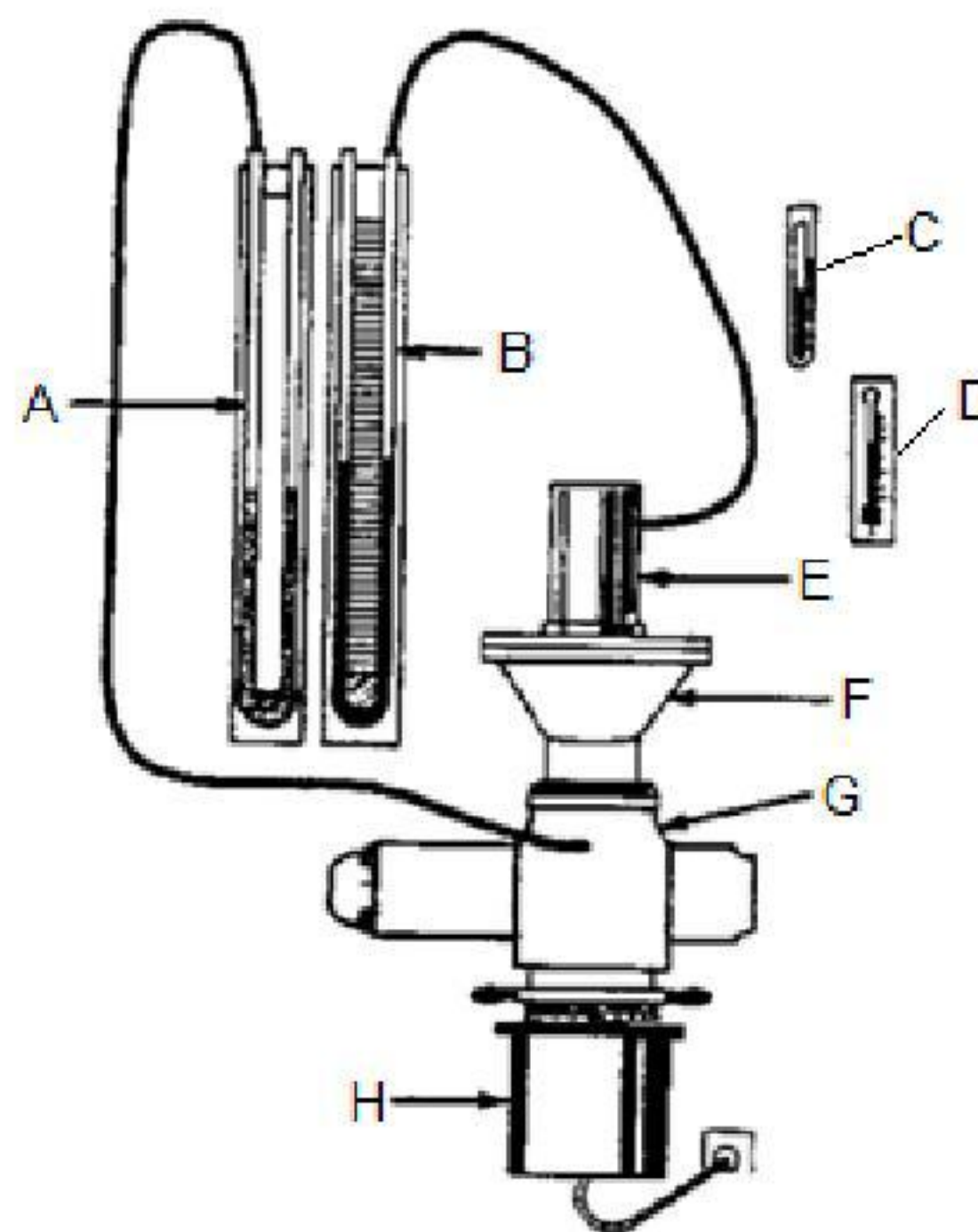
$y = mx + b$

Persamaan Korelasi Q & Tekanan

$Q_{std} = ([\Delta H_2O\ (P_a/T_a)]^{1/2} - b) \cdot (1/m)$

$Q_a = ([\Delta H_2O\ (P_a/T_a)]^{1/2} - b) \cdot (1/m)$

B.2 Amati tekanan udara dan catat sebagai Pa. Baca suhu lingkungan di sekitar volume meter standar dan catat sebagai Ta (dalam satuan K).

B.3 Hubungkan orifice transfer standard ke inlet volume meter standar. Hubungkan manometer air raksa untuk mengukur tekanan di inlet dari volume meter standar. Hubungkan lubang manometer (air atau minyak) ke keran tekanan pada *orifice transfer standard*. Hubungkan penggerak udara (motor) volume tinggi ke sisi outlet dari volume meter standar. Pastikan bahwa semua gasket ada dan berada dalam kondisi baik. (lihat Gambar B.1)

Keterangan gambar:

A adalah manometer air raksa;
B adalah manometer air;
C adalah termometer;
D adalah barometer;
E adalah *orifice transfer standard*
F adalah filter *adapter*
G adalah volume meter standar
H adalah motor HVAS

Gambar B.1 – Contoh rangkaian peralatan saat kalibrasi *orifice*

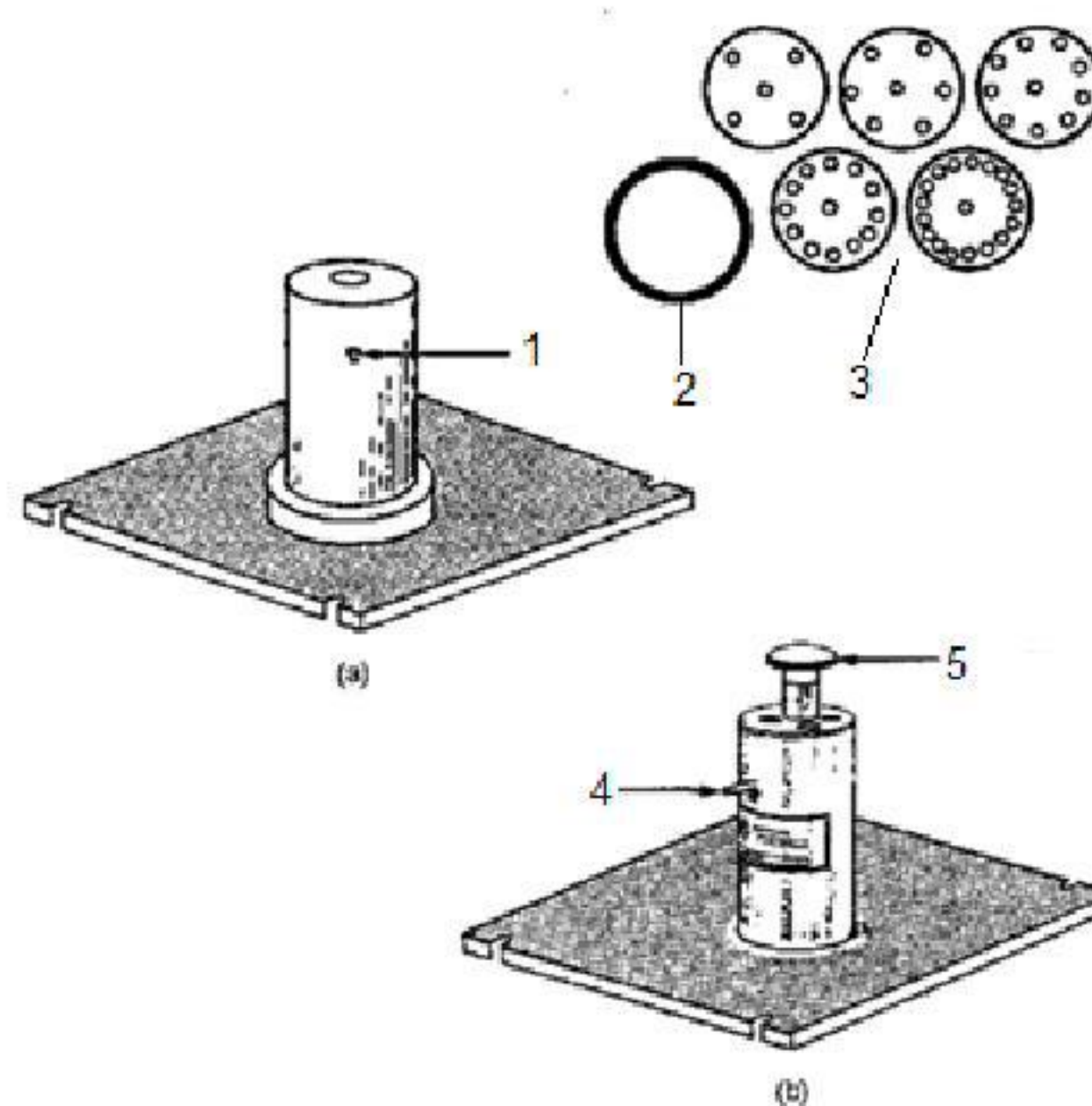
B.4 Pastikan meja volume meter standar pada posisi datar dan sesuaikan kakinya jika diperlukan.

B.5 Cek kebocoran dengan menjepit sementara kedua saluran manometer (untuk menghindari kehilangan cairan) dan tutup lubang dengan *rubber stopper* yang sesuai, lakban lebar, atau cara lain yang sesuai. Hidupkan penggerak udara (motor) volume tinggi dan catat setiap perubahan dalam pembacaan volume meter standar. Pembacaan harus tetap konstan. Jika ada perubahan pembacaan, cari kebocoran apapun dengan mendengarkan suara siulan dan/atau kencangkan semua sambungan, pastikan bahwa semua gasket terpasang dengan benar.

CATATAN Hindari menjalankan motor selama lebih dari 30 detik dengan lubang tertutup karena menyebabkan motor menjadi terlalu panas akibat kurangnya pendingin udara. Kelebihan panas dapat meningkatkan suhu dan mengurangi umur motor sehingga dapat merusak isolasi listrik yang dapat mengakibatkan kebakaran atau sengatan listrik kepada pengguna.

B.6 Setelah selesai cek kebocoran, matikan HVAS, buka penutup lubang, dan buka penjepit kedua saluran manometer. Nol-kan manometer air dan manometer merkuri dengan menggeser skala hingga garis nol berada di bagian bawah meniskus.

B.7 Nyalakan HVAS. Sesuaikan transformator variabel tegangan untuk mencapai laju aliran yang sesuai (yaitu dalam kisaran 0,9 m^3/menit sampai dengan 1,3 m^3/menit). Jika perlu, gunakan pelat resistans yang tetap atau katup resistansi variabel untuk mencapai laju

aliran yang sesuai (lihat Gambar B.2). Penggunaan pelat resistans tetap tidak disarankan (tapi tidak dilarang) karena cek kebocoran harus diulang setiap kali plat diinstal.

Keterangan gambar:

- (a) adalah *orifice transfer standard* dengan pelat resistans;
- (b) adalah *orifice transfer standard* dengan katup resistans variabel;
- 1,4 adalah katup tekanan statis;
- 2 adalah gasket;
- 3 adalah pelat resistans
- 5 adalah kenop pengatur resistansi.

Gambar B.2 - Pelat resistans dan katup resistans variabel

B.8 Setelah laju alir diatur, biarkan sistem berjalan setidaknya 1 menit untuk mencapai kecepatan motor konstan. Amati pembacaan volume meter standar dan sekaligus memulai pencatat waktu. Kesalahan dalam pembacaan meteran dapat diminimalkan dengan memulai dan menghentikan pencatat waktu pada seluruh atau setiap pembacaan.

B.9 Catat volume awal meteran yang ditunjukkan ketika pencatat waktu dimulai. Jaga laju aliran konstan sampai setidaknya 3 m3 udara telah melewati volume meter standar. Catat tekanan pada inlet volume meter standar sesuai dengan pembacaan pada manometer air raksa (Hg) dan manometer orifice sebagai perbedaan tinggi H2O. Jika terjadi perubahan H2O secara signifikan selama sistem berjalan, matikan sistem dan ulangi kembali.

B.10 Ketika setidaknya 3 m3 udara telah melewati sistem, perhatikan pembacaan meteran pada volume meter standar dan sekaligus hentikan pencatat waktu. Catat volume akhir yang ada pada meteran ketika pencatat waktu dihentikan. Catat waktu yang ditunjukkan pada pencatat waktu.

B.11 Hitung Volume terukur oleh volume meter standar menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta Vol. = Volume\ Akhir - Volume\ Awal \qquad (4)$$

B.12 Koreksi volume dengan tekanan atmosfer ambien.

$$V_a = \Delta Vol.x \frac{(P_a - \Delta Hg)}{P_a} \quad (5)$$

Keterangan:

V_a adalah volume aktual pada tekanan barometrik ambien (m^3);
Δvol adalah volume aktual diukur dengan volume meteran standar (m^3);
P_a adalah tekanan udara ambien selama kalibrasi (mmHg);
ΔHg adalah perbedaan tekanan di inlet volume meter standar (mmHg).

B.13 Hitung laju aliran volumetrik aktual (dalam m3/menit).

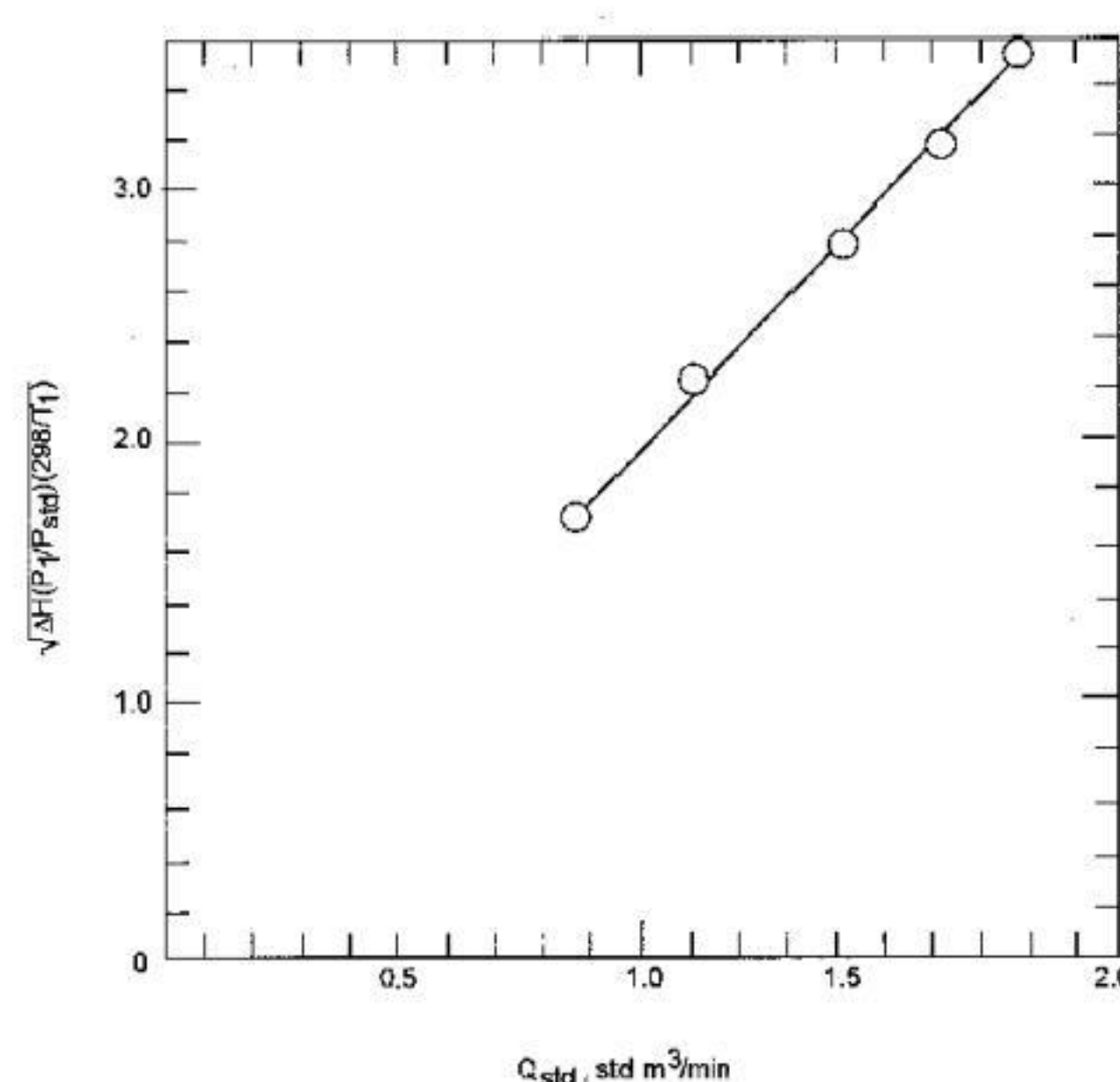
$$Q_a = \frac{V_a}{\Delta t} \quad (6)$$

Keterangan:

Qa adalah laju aliran volumetrik aktual melalui orifice (m^3/menit);
Δt adalah waktu kalibrasi (menit).

B.14 Ulangi langkah 1 sampai dengan 13 setidaknya untuk empat laju alir tambahan dalam kisaran perkiraan 0,9 m3/menit sampai dengan 1,3 m3/menit. Setidaknya dibutuhkan lima laju alir yang berbeda dan setidaknya tiga laju alir harus berada di interval yang spesifik (1,02 m3/menit sampai dengan 1,24 m3/menit). Kalibrasi presisi yang lebih baik dapat diperoleh dengan menjalankan laju aliran tambahan atau mengulangi laju aliran.

B.15 Untuk laju alir lainnya,

a) hitung nilai $[(\Delta H2O)(Ta / Pa)]^{1/2}$, dan plot nilai-nilai ini terhadap nilai Qa dalam bentuk grafik/kurva (kurva *orifice*);
b) buat regresi linear hubungan antara data tekanan dengan laju alir volumetrik kemudian hitung koefisien regresi (r), kemiringan grafik (m) dan intercept (b). Koefisien regresi minimum adalah 0,995, jika koefisien korelasi regresi linier (r) < 0,995 periksa kondisi alat dan ulangi pembuatan regresi linear baru.

Gambar B.3 – Contoh grafik kalibrasi orifice

B.16 Untuk Penggunaan berikutnya dari orifice transfer standard, hitung Qa dari hubungan kalibrasi menggunakan rumus berikut.

$$Q_a = \frac{\left(\sqrt{\Delta H_2O\ x(T_a/P_a)}\right) - b}{m} \quad (7)$$

Keterangan:

Qa adalah laju alir volumetrik aktual seperti yang ditunjukkan oleh *orifice transfer standard* (m^3/menit);

ΔH_2O adalah penurunan tekanan yang dibaca di manometer yang disambungkan pada orifice (mmH_2O);

T_a adalah suhu lingkungan selama penggunaan (K);

P_a adalah tekanan udara ambien;

b adalah intercept dari hubungan kalibrasi orifice;

m adalah kemiringan dari hubungan kalibrasi orifice.

Lampiran C
(normatif)
Contoh perhitungan verifikasi metode pengujian partikel tersuspensi total di udara ambien

Peralatan : Neraca analitik
Rentang ukur : 200 g
Resolusi : 0,0001 g
Resolusi x 10 : 1.000 µg

Tabel C.1 – Penentuan LoD

TSP	Suhu (°C)	P atm	Vol. Udara		TSP
			(m^3)	(Nm^3)	(µg/Nm^3)
LoD	25	760	1627,2	1627	0,6
CATATAN Sumber: P3KLL – Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan					

Bibliografi

[1] ASTM D4096-91 (Reapproved 2009), *Standard Test Method for Determination of Total Suspended Particulate Matter in the Atmosphere (High–Volume Sampler Method)*

[2] *Methods of Air Sampling and Analysis, Third Edition 501. High-Volume Measurement of Size Classified Particulate Matter*

[3] US EPA Method IO-2.1 1999*, Sampling of Ambient Air for Total Suspended Particulate Matter (SPM) and PM10 using High Volume (HV) Sampler*

[4] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Informasi pendukung terkait perumus standar

[1] Komtek perumus SNI
Komite Teknis 13-03 *Kualitas Lingkungan*

[2] Susunan keanggotaan Komtek perumus SNI

Ketua : Noer Adi Wardojo
Wakil Ketua Giri Darminto
Sekretaris : Diah Wati Agustayani
Anggota :
1. Anwar Hadi
2. Ardeniswan
3. Henggar Hardiani
4. Muhamad Farid Sidik
5. M.S. Belgientie TRO
6. Noor Rachmaniah
7. Oges Susetio
8. Sri Bimo Andy Putro
9. Sunardi
10. Oges Susetio

[3] Konseptor rancangan SNI
Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan

[4] Sekretariat pengelola Komtek perumus SNI
Pusat Standardisasi Lingkungan dan Kehutanan
Sekretariat Jenderal Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan